VARIATION DES CARACTÈRES ANATOMIQUES D'UN BOIS DE MÉLIACÉE : DIMENSIONS DES RAYONS LIGNEUX

B. GIRAUD

GIRAUD B. — 08.09.1977. Variation des caractères anatomiques d'un bois de Méliacée : Dimensions des rayons ligneux, *Adansonia*, ser. 2, 17 (1) : 97-106. Paris ISSN. 0001-804X.

RÉSUMÉ : Les variations de la structure du xylème secondaire peuvent être induites par bien des facteurs. Seule l'influence de l'âge sera prise en considération dans cet article, et nous en étudierons les répercussions sur la constitution anatomique d'un bois d'*Entandrophragma utile* (Méliacée).

L'étude présente aura pour objet l'analyse biométrique des dimensions des rayons ligneux.

ZUSAMMENFASSUNG : Man kann die sekundär Xylem-Struktur-Veränderungen durch manche Faktoren feststellen. In diesem Artikel wird nur der Zeitalter's Einfluss berücksichtigt. Wir werden dessen Auswirkungen auf die anatomische Beschaffenheit eines Holzes des *Entandrophragma utile* (*Meliaceæ*) studieren.

Das Objekt des gegenwärtigen Studiums wird die biometrische Analyse der Grössen der Holzstrahlen sein.

ABSTRACT : The variations of the secondary xylem structure may be induced by several factors. In this note, we only consider the age influence and its repercussions on the xylem constitution of *Entandrophragma utile* (*Meliaceæ*) is treated.

The present study deals with biometrical analysis of the xylem rays size.

Bernadette Giraud, Université Pierre et Marie Curie (Paris VI), Laboratoire de Paléobotanique, 12, rue Cuvier, 75005 Paris.

INTRODUCTION

L'étude des variations des dimensions cellulaires n'est pas une orientation récente des recherches en anatomie du bois, les travaux de SANIO, sur les longueurs des trachéïdes d'un bois de *Pinus silvestris*, datent en effet de 1872. Depuis lors, les investigations dans ce domaine ont été très nombreuses, et pour situer nos travaux parmi les différentes voies suivies (variations interspécifiques; variations au sein d'une même espèce : dans les différentes parties de l'arbre...) nous préciserons que l'étude poursuivie concerne les variations qui surviennent dans les cernes formant le tronc d'un arbre, depuis la moelle jusqu'au cambium, soit les variations horizontales des caractères anatomiques du xylème secondaire en fonction de l'âge.

Cet article est particulièrement consacré aux variations des rayons

ligneux (hauteur, largeur); il fait suite à deux notes du même auteur, parues en 1975, dont le thème est identique, mais qui concernent les éléments vasculaires du bois hétéroxylé étudié.

MATÉRIEL ET TECHNIQUE

L'échantillon étudié : *Entandrophragma utile* (Dawe & Sprague) Sprague (*Mariaux 730*), appartient à la famille des Méliacées, section *Neo-Entandrophragma*. Cette essence est connue commercialement sous le nom d'Acajou-Sipo. Il provient d'une plantation effectuée en 1948, par le Service des Eaux et Forêts, au Gabon (à Sibang, près de Libreville). La croissance de cet arbre s'est donc déroulée sous un climat type de forêt dense tropicale humide. A l'abattage, en août 1968, une section transversale du tronc a été prélevée à 50 cm environ au-dessus du sol. La formation de la moelle date de 1948, le premier cerne a été édifié en 1949. Sur la section horizontale polie on dénombre 20 cernes.

Les cernes ayant été repérés à la loupe binoculaire, on taille dans chacun d'eux un petit cube. Ces cubes numérotés sont débités au microtome à glissière en coupes minces dans le plan tangentiel. Les coupes sont colorées à la safranine et montées au baume de Canada selon la méthode classique.

ÉTUDE BIOMÉTRIQUE DES RÉSULTATS

MÉTHODES STATISTIQUES EMPLOYÉES

1) Dans un premier temps, les données numériques ont été traitées selon les méthodes statistiques classiques utilisées en Biologie (LAMOTTE, 1967).

Nous avons calculé pour chaque série de mesures, les moyennes arithmétiques (X) et les limites de leur intervalle de confiance (Sm), en utilisant les paramétres suivants :

moyenne arithmétique : $\overline{X} = \frac{\sum f X}{\sum f} = \frac{\sum f X}{n}$; n = nombre de mesures effectuées; f = fréquence observée,

variance : $V = \left[\frac{\sum f X^2}{n} - (\overline{X})^2\right]$

écart-type : $\sigma = \sqrt{V}$

Limites de l'intervalle de confiance de la moyenne :

$Sm = \frac{\sigma}{\sqrt{n-1}}$ étant l'erreur standard, les limites cherchées (pour un coeffi-

cient de sécurité de 95 %) seront obtenues en reportant de part et d'autre de la moyenne 2 fois l'erreur standard :
$\bar{X} \pm Sm$ (tabl. I et II).

2) Dans le cadre d'une étude sur les variations de l'ensemble des caractères anatomiques du plan ligneux du Sipo (Thése de spécialité, GIRAUD B., 1976) devant le nombre de données à traiter, nous avons été amenée à utiliser une méthode statistique d'analyse multivariable. Une technique nouvelle fut alors employée, celle de l'analyse factorielle des correspondances (BENZECRI J. P., 1975). L'objectif d'une telle analyse est de décrire la dépendance entre deux variables, en indiquant d'une part dans quelle mesure les variables sont liées ou non entre elles, et d'autre part en mettant en évidence les proximités entre les modalités de l'une ou de l'autre (une modalité étant la valeur prise par une des variables dans un cerne déterminé, un caractère donné présente de ce fait 20 modalités pour l'ensemble des 20 cernes).

Les résultats énoncés dans cet article concernant les dimensions des rayons ligneux ont été confirmés par cette méthode analytique.

RÉSULTATS - DISCUSSION

1. SÉRIATION DES RAYONS LIGNEUX

Le plan tangentiel d'un *Entandrophragma utile* présente une majorité de rayons ligneux bisériés et trisériés, mais lorsque nous examinons la série de lames minces, les rayons semblent s'élargir au fur et à mesure que l'on se rapproche de l'écorce. Pour chaque cerne nous avons relevé les largeurs de 100 rayons, en nombre de cellules, afin d'établir le pourcentage des différentes sériations (tabl. I, col. 3 à 6).

a) LES RAYONS UNISÉRIÉS : ils atteignent un très fort pourcentage dans la première zone d'accroissement (57 %); leur nombre diminue rapidement, il passe à 5 % dés le quatrième cerne, et se stabilise plus ou moins autour d'une valeur moyenne de 7 % à partir du cinquiéme cerne. Cette décroissance accusée des valeurs dans les quatre premiers cernes, correspond à la période juvénile.

b) LES RAYONS BISÉRIÉS : la variation de leur pourcentage suivant l'âge du bois, ne marque pas le passage du bois juvénile au bois adulte. Leur nombre oscille entre 40 et 65 % dans les 17 premiers cernes, et diminue fortement dans les 5 derniers cernes, passant de 50 à 15 %.

c) LES RAYONS TRISÉRIÉS : peu nombreux dans le bois juvénile (moins de 5 %), ils varient entre 25 et 45 % dans le bois adulte jusqu'au quinzième cerne. Leur nombre augmente alors et peut atteindre 60 % dans les derniers cernes. Cette augmentation se fait aux dépens des rayons bisériés.

d) Les rayons quadrisériés : inexistants dans les cernes de bois juvénile, ils font leur apparition dès les premiers cernes du bois adulte (0 à 4 %), mais n'occupent réellement une place dans l'ensemble des différentes sériations qu'à partir du quinzième cerne.

L'ensemble de ces quatre courbes, réunies sur un même graphique (fig. 1), nous montre que les pourcentages des différents types de rayons sont liés : c'est ainsi que la diminution des rayons unisériés correspond à une augmentation simultanée des rayons bisériés et trisériés (dans la première partie du diagramme, soit du premier au cinquième cerne); ensuite, vers le quinzième cerne, les rayons bisériés diminuent à leur tour au profit des rayons trisériés, tandis que nous voyons apparaître les rayons quadrisériés. Une telle variation de la sériation des rayons nous a été confirmée par l'analyse factorielle.

La largeur des rayons ligneux augmente donc avec l'âge et se révèle être un caractère peu fiable. Nous présentons la variabilité de ce caractère en un schéma (fig. 2), qui nous paraît être plus explicite que les courbes précédentes, pour la mise en évidence de la différence entre le bois juvénile

TABLEAU 1

Cernes	Largeur des cernes	Sériation des rayons ligneux (%)			
		1 S.	2 S.	3 S.	4 S.
1	2,34 ± 0,15	57 ± 4	40 ± 4	3 ± 2	
2	6,60 ± 0,47	34 ± 4	62 ± 4	4 ± 2	
3	2,13 ± 0,47	29 ± 4	60 ± 4	11 ± 3	
4	3,78 ± 0,22	5 ± 2	65 ± 4	30 ± 4	
5	7,89 ± 0,59	8 ± 2	47 ± 5	41 ± 4	4 ± 2
6	6,50 ± 0,22	9 ± 3	51 ± 5	38 ± 4	3 ± 2
7	5,13 ± 0,36	7 ± 2	44 ± 5	48 ± 5	1 ± 1
8	1,41 ± 0,19	9 ± 3	49 ± 5	42 ± 4	
9	3,48 ± 0,46	8 ± 2	52 ± 5	39 ± 4	1 ± 1
10	1,86 ± 0,09	10 ± 3	56 ± 4	34 ± 4	
11	5,64 ± 0,22	8 ± 2	52 ± 5	40 ± 4	
12	7,17 ± 0,51	6 ± 2	61 ± 4	33 ± 4	
13	8,00 ± 0,46	6 ± 2	65 ± 4	29 ± 4	
14	8,40 ± 0,26	8 ± 2	62 ± 4	28 ± 4	2 ± 1
15	5,80 ± 0,37	12 ± 3	64 ± 4	23 ± 4	1 ± 1
16	5,73 ± 0,35	3 ± 2	52 ± 5	45 ± 5	
17	5,20 ± 0,14	2 ± 1	57 ± 4	39 ± 4	2 ± 1
18	4,38 ± 0,27	2 ± 1	33 ± 4	55 ± 5	10 ± 3
19	3,00 ± 0,31	8 ± 2	22 ± 4	63 ± 4	7 ± 2
20	2,43 ± 0,27	9 ± 3	17 ± 3	59 ± 4	15 ± 3
1	2	3	4	5	6

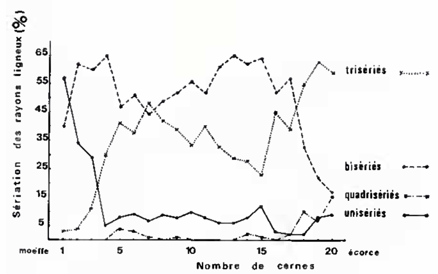


Fig. 1. — Variation de la largeur des rayons ligneux, en nombre de cellules de la moelle à l'écorce.

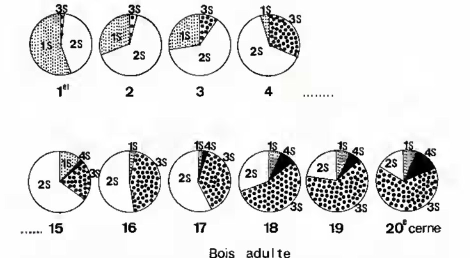


Fig. 2. — Sériation des rayons ligneux : schémas explicitant la variation du pourcentage des différents types de rayons ligneux (unisériés à quadrisériés) : — a, dans les 4 premiers cernes, les rayons unisériés diminuent au profit des rayons bisériés et, simultanément, on assiste à une installation des rayons trisériés. — b, dans les 5 derniers cernes, les rayons bisériés à leur tour diminuent au profit des rayons trisériés, le pourcentage des rayons unisériés restant constant et nous voyons l'apparition de rayons plus larges : les rayons quadrisériés.

et le bois adulte, conjointement à l'évolution de ce caractère dans le bois adulte.

L'augmentation de largeur des rayons avec l'âge a été constatée également dans d'autres bois de feuillus : chez *Fraxinus excelsior* les rayons passent de 3 à 4 S, ceux de *Castanea sativa* de 1S à 1S + 2S, enfin de 2S à 4S chez *Sassafras officinale* (Lauracées) (White D. J. B. & Robards A. W., 1966).

2. HAUTEUR DES RAYONS LIGNEUX

La hauteur des rayons ligneux dépend à la fois du nombre et de la taille des cellules qui forment ces rayons. Suivant les différents types de bois, ces deux facteurs peuvent être ou non variables; chez *Fraxinus excelsior*, par exemple, la variation de la taille des rayons ligneux n'est due qu'à la variation des dimensions des cellules constituantes, sans considération de leur nombre (White D. J. B. & Robards A. W., 1966). Mais ces deux facteurs peuvent également intervenir simultanément.

TABLEAU II

Cernes	Hauteur des rayons ligneux (Nombre de cellules)			
	1 S.	2 S.	3 S.	4 S.
1	6 ± 1	14 ± 2	13 ± 1	
2	5 ± 1	10 ± 1	10 ± 1	
3	5 ± 2	11 ± 1	12 ± 3	
4	4 ± 1	9 ± 1	12 ± 2	
5	6 ± 2	11 ± 1	16 ± 2	17 ± 2
6	4 ± 2	10 ± 2	13 ± 2	14 ± 4
7	7 ± 1	11 ± 1	15 ± 1	18 ± 1
8	6 ± 2	12 ± 1	16 ± 2	
9	5 ± 1	13 ± 1	16 ± 1	20 ± 1
10	5 ± 1	12 ± 1	17 ± 1	
11	6 ± 4	15 ± 1	17 ± 1	
12	9 ± 1	15 ± 1	19 ± 1	
13	8 ± 1	15 ± 1	20 ± 1	
14	8 ± 1	17 ± 1	18 ± 1	20 ± 2
15	7 ± 1	16 ± 1	19 ± 2	19 ± 1
16	9 ± 1	15 ± 2	19 ± 2	
17	4 ± 3	17 ± 2	20 ± 2	17 ± 2
18	4 ± 1	17 ± 2	20 ± 1	19 ± 2
19	5 ± 1	15 ± 2	20 ± 2	18 ± 4
20	5 ± 1	12 ± 3	21 ± 1	22 ± 4
1	2	3	4	5

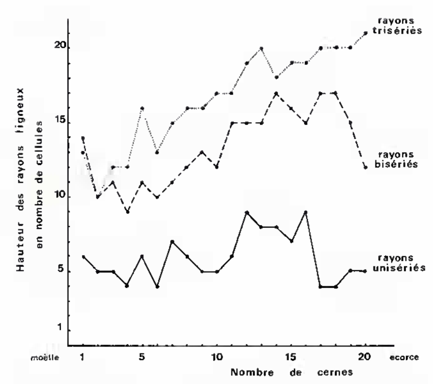


Fig. 3. — Variation de la hauteur des rayons ligneux (exprimée en nombre de cellules) en fonction de l'âge.

Nous avons choisi d'évaluer la hauteur totale en nombre de cellules.

Cent rayons ont été répertoriés dans chaque cerne, les valeurs moyennes correspondantes ont été calculées, de même que les limites de leur intervalle de confiance (tabl. II, col. 2 à 5).

La mise en graphique de ces valeurs (fig. 3) donne en ordonnées les moyennes des hauteurs des rayons ligneux, exprimées en nombre de cellules, et en abscisses la succession des cernes de la moelle à l'écorce.

a) Les rayons unisériés : leur hauteur est relativement constante, elle oscille entre 4 et 9 cellules.

b) Les rayons bisériés : du premier au dix-septième cerne leur hauteur passe de 9 à 17 cellules; cette augmentation est suivie d'une chute dans les derniers cernes. Notons que leur augmentation en hauteur cesse à peu près au moment où leur nombre décroît, lorsque s'effectue le relais par les rayons trisériés.

c) Les rayons trisériés : leur hauteur augmente régulièrement du premier au dernier cerne, de 10 à 21 cellules.

d) Les rayons quadrisériés sont en nombre insuffisant pour pouvoir établir une moyenne valable.

CONCLUSIONS

Tout au long de cette étude nous avons pu constater les faits suivants :

— Dans un même cerne, les rayons ligneux les plus larges sont également les plus hauts; prenons comme exemple les rayons ligneux du cinquième cerne : les rayons unisériés ont 6 cellules de haut, les rayons bisériés une moyenne de 11 cellules, tandis que les rayons trisériés atteignent 16 cellules.

— Il existe une corrélation entre le pourcentage des différentes séries de rayons et la hauteur de ces mêmes rayons. C'est ainsi que lorsque le pourcentage de rayons ligneux bisériés diminue il se produit une diminution simultanée de leur hauteur (fig. 1 et 2, à partir du quinzième cerne).

— Les dimensions des rayons ligneux sont très variables : hauteur et largeur (en nombre de cellules) augmentent régulièrement avec l'âge.

L'aspect du plan ligneux tangentiel évolue par conséquent tout au long de la vie de l'arbre.

Bibliographie

Bannan, M. W., 1941. — Wood structure of Thuja occidentalis, *Bot. Gaz.* 103 : 205-209.

Bannan, M. W., 1942. — Wood structure of the native Ontario species of Juniperus. *Amer. J. Bot.* 29 (3) : 245-252.

Benzecri, J. P., 1975. — *Manuel d'utilisation du programme général de l'analyse factorielle des correspondances.* BENTAB 75. Univ. Pierre et Marie Curie, Paris VI, Laboratoire de Statistiques mathématiques.

Bosshard, H. H. & Bariska, M., 1967. — Statistical analysis of the wood structure of Beech (Fagus silvatica L.), *Bull. Inst. Ass. Wood Anat.* 1 : 7-15.

Boureau, E., 1954-1957. — *Anatomie végétale.* Coll. Euclide, P.U.F., Paris, 3 t.

Dadswell, H. E., 1958. — Wood structure variations occuring during tree growth and their influence on properties, *J. Inst. Wood Sci.* 1 : 11-33.

Desch, H. E., 1932. — Anatomical variation in the wood of some dicotyledonous trees, *New Phyt.* 31 (2) : 73-117.

Détienne, P., 1975. — *Nature et périodicité des cernes dans les bois rouges des Méliacées africaines*, C.T.F.T., Nogent-sur-Marne, 191 p.

Giraud, B., 1975. — Variation de la densité des pores et du nombre de fibres entre les rayons ligneux, dans un bois de Méliacée, de la moelle à la périphérie, *C.R. 99e Congr. Nat. Soc. Sav.*, (Besançon, 1974), Sciences, 2 : 189-196.

Giraud, B., 1975. — Étude de la variation des caractères anatomiques d'un bois de Méliacée (II) : dimensions des éléments de vaisseaux, *C. R. 100e Congr. Nat. Soc. Sav.*, (Paris, 1975), Sciences 2 : 145-153.

Giraud, B., 1976. — *Sur le déterminisme des dimensions cellulaires dans le bois d'Entandrophragma utile Sprague (Méliacées)*, Thèse de Spécialité, Paris VI, 150 p.

Gottwald, H. & Schawb, E., 1975. — Entandrophragma candollei Harms (= E. ferrugineum A. Chev.), Meliaceæ. *Holz als. Roh-und Werkstoff* 33 (1) : 37-44.

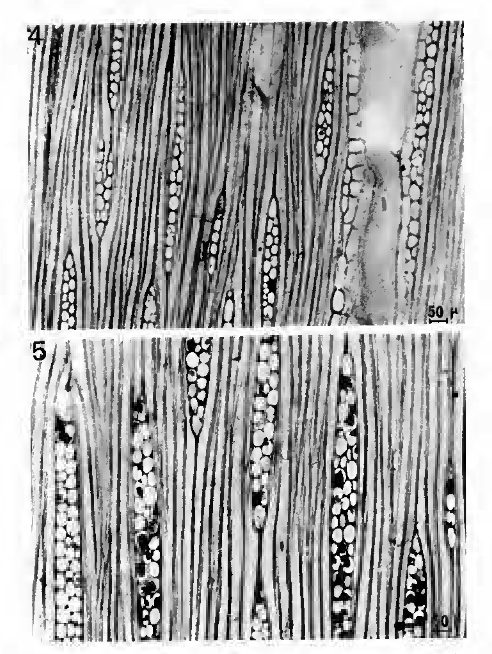


Fig. 4. — Variation des dimensions des rayons ligneux, en fonction de l'âge : 4, aspect du plan ligneux tangentiel, 4 cernes après la moelle; 5, aspect du plan ligneux tangentiel au niveau du cerne le plus récemment formé.

KAKOU, O. & VUONG, C. V., 1976. — *Une application de l'analyse des correspondances au traitement d'un problème botanique*, Diplôme d'études sup. de Statistiques Mathématiques, Laboratoire de Stat. Math., Univ. Paris VI.

LIESE, W. & PARAMESWARAN, N., 1968. — Beitrag zur Rindemanatomie der Gattung Entandrophragma, *Flora* 158 : 22-40.

LIESE, W. & PARAMESWARAN, N., 1972. — On the variation of cell length within the bark of some tropical Hardwood species, *in* : " *Research trends in plant anatomy* ", K. A. CHOWDHURY commemoration volume, Ed. A. K. M. GHOUSE & MOHD, Yunus, India : 83-89.

MARIAUX, A., 1967. — Les cernes dans les bois tropicaux africains. Nature et périodicité. Peuvent-ils révéler l'âge des arbres?, *Bois et Forêts des Tropiques*, 113 : 3-14.

NORMAND, D., 1972. — *Manuel d'identification des bois commerciaux*, C.T.F.T., Nogent-sur-Marne, 1, 171 p.

PANSHIN, A. J., 1933. — Comparative anatomy of the woods of the Meliaceæ, subfamily Swietenioideæ, *Amer. J. Bot.* 2 (10) : 638-668.

RICHTER, H. G., 1964. — *Anatomische Untersuchungen en Entandraphragma utile* (unter besonderer Berücksichtigung der grossen Variations breite), Dipl. Arbeit Universität, Hamburg. Ordinariat für Holzbiologie, 119 p.

SAIKI, H., 1965. — Variation from the pith toward the outside, *J. Jap. Wood Res. Soc.* 11 (5) : 185-190.

SEBASTINE, K. M., 1955. — Studies on the variation in the structure and size of rays in the secondary wood, *Forestry Abstracts* 17 (4) : 583.

SHIMAKURA, M., 1936. — The height and number of rays in some coniferous woods, *Bot. Magazine* 5 (596) : 438-447.

WHITE, D. J. B. & ROBARDS, A. W., 1966. — Some effects of radial growth rate upon the rays of certain ring-porous Hardwoods, *J. Inst. Wood Sci.* 17 : 45-52.